



TUGAS AKHIR — SB 141510

**PREVALENSI PENYAKIT *BAND DISEASES* PADA
KARANG BERCABANG DI PERAIRAN
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)
PAITON, PROBOLINGGO**

**ZULFRIZAL AMHRI INDRA
1511100056**

**Dosen Pembimbing
Farid Kamal Muzaki, S.Si, M.Si.**

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT – SB 141510

**PREVALENCE OF BAND DISEASES ON
BRANCHING CORALS IN PAITON POWER
PLANT WATERS, PROBOLINGGO**

**ZULFRIZAL AMHRI INDRA
1511100056**

**Advicor Lecturer
Farid Kamal Muzaki, S.Si, M.Si.**

**Biology Department
Faculty of Mathematics and Natural Scienses
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PREVALENSI PENYAKIT BAND DISEASES PADA KARANG BERCABANG DI PERAIRAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) PAITON, PROBOLINGGO


TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada
Jurusan S-1 Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:
ZULFRIZAL AMHRI INDRA
NRP. 1511 100 056

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:
Farid Kamal Muzaki, S.Si, M.Si.(Pembimbing 1)

Surabaya, 01 Agustus 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi



Dr. Dewi Hidayati, M.Si
NIP. 19691121 199802 2 001

**PREVALENSI PENYAKIT BAND DISEASES PADA
KARANG BERCABANG DI PERAIRAN PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) PAITON,
PROBOLINGGO**

Nama Mahasiswa : Zulfrizal Amhri Indra

NRP : 1511 100 056

Jurusan : Biologi

Dosen Pembimbing : Farid Kamal Muzaki, S.Si, M.Si

Abstrak

Penyakit karang diketahui dapat menyebabkan penurunan tutupan karang hidup serta merubah komunitas terumbu karang secara drastis. Penyakit karang juga diketahui sebagai salah satu faktor utama yang berkontribusi dalam kerusakan terumbu karang di seluruh dunia; dimana peningkatan suhu diketahui dapat menginduksi penyebaran karang dengan meningkatkan laju transmisi penyakit karang dan juga laju pertumbuhan patogen.

Penelitian untuk mengetahui efek peningkatan suhu terhadap prevalensi penyakit karang telah dilaksanakan pada Maret hingga Juni 2015 di perairan pantai sekitar PLTU Paiton (Probolinggo, Jawa Timur).data penyakit karang bercabang diperoleh melalui transek sabuk pada dua lokasi berbeda yang diduga terpengaruh oleh paparan suhu tinggi yaitu lokasi Water Discharge dan Mercusuar

Hasil Anova dua-arahyang dilanjutkan dengan uji HSD Tukey (keduanya pada $p = 0,05$) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam hal prevalensi penyakit band diseases pada kedua lokasi, meskipun Water Discharge memiliki nilai prevalensi yang lebih tinggi (35%) dibandingkan dengan lokasi Mercusuar (24,71%). Penyakit band diseases yang ditemukan di lokasi penelitian adalah Black Band Disease (BBD) dan White Band Disease (WBD).

Kata kunci: Karang bercabang, prevalensi, band diseases, suhu.

PREVALENCE OF BAND DISEASES ON
BRANCHING CORALS IN PAITON POWER PLANT
WATERS, PROBOLINGGO

Student Name : Zulfrizal Amhri Indra
NRP : 1511 100 056
Department : Biologi
Advicor Lecturer : Farid Kamal Muzaki, S.Si, M.Si

Abstract

Coral diseases has been implicated in the rapid and severe decline in coral cover and drastic community changes and regarded as one of the main factors contributing to the global deterioration of coral reefs; which increases temperatures was also known to induce the spreading of coral disease by increasing the transmission rate and also the growth rate of the pathogens.

A study to access the effect of increasing temperature on prevalence of coral diseases had been conducted on March to June 2015 in Paiton steam power plant coastal waters (Probolinggo, East Java). Data of diseases on branching coral were collected by a belt transect from two sampling periods at two different locations; which estimated to representing polluted (Water Discharge Area) and unpolluted area (Mercusuar).

Result of two-way Anova continued with Tukey HSD test(both at $p = 0,05\%$) suggested thatthere is no significant difference in the prevalence of diseases. How ever, the value of prevalence is relatively higher in Water Dischage area than Mercusuar area (by 35 and 24,71%, respectively). The type of band diseases found to be occurred in the area are Black Band Disease (BBD) and White Band Disease (WBD).

Keyword: branching coral, prevalence, band disease, temperature.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul **Prevalensi Penyakit Band Diseases Pada Karang Bercabang Di Perairan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton, Probolinggo**. Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk dapat menyelesaikan perkuliahan dan predikat Sarjana di jurusan Biologi FMIPA ITS.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dalam pelaksanaannya tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu yaitu:

1. Ibu Nock, Bapak Indra, Mbak Nana dan Mas Agil serta Keluarga yang telah memberikan do'a, semangat dan restunya.
2. Ibu Dr. Dewi Hidayati, S.Si M.Si selaku Ketua Jurusan Biologi ITS.
3. Bapak Farid Kamal Muzaki S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukan.
4. Ibu Wirdatul Muslihatin S.Si., M.Si dan Aunurohim, S.Si., DEA selaku Dosen Penguji.
5. Ibu Dra. Dian Saptarini M.Sc. atas bimbingan dan masukannya.
6. Rekan-rekan Paiton Slolop Team M. Mizzanul Halim, Cholis Muchlisin, M. Ali Sofani, Aida Efrini R., Boing Indraswari.

7. Rekan Rekan Scylla Serrata (Biologi 2011), kawan-kawan Laboratorium Ekologi dan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
8. Adik-adik staff PSDM HIMABITS, Ahmada Dian Nurilma, (Alm) Dani Umar Azis, Titi Rindi A, dan Ika Puspitasari atas semangatnya.
9. Adik-adik Bimbingan SC : Dian, Ory, Fitri, Erlyta, Masita, Hikmah, Silvia, Shouma, Febri, Bangun, Gian, Wahyu atas semangat dan doanya.
10. Adik Adik Penguin (Biologi 2012), Berang-Berang (Biologi 2013), Albatros (Biologi 2014) atas doa dan semangatnya.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat berarti bagi penulis dan semoga dapat bermanfaat untuk penulis maupun pembaca.

Surabaya, 27 Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	iii
URAIAN SINGKAT	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Terumbu Karang	5
2.2 Biologi Karang	5
2.2.1 Anatomi Karang	5
2.2.2 Simbiosis	7
2.2.3 Reproduksi	8
2.2.4 Cara Makan	8
2.3 Penyakit Karang	9
2.4 Macam-Macam Penyakit Karang.....	10
2.4.1 Black Band Disease	10
2.4.2 Red Band Disease	11
2.4.3 White Band Disease	11
2.4.4 Yellow Band Disease	12
2.5 Variabel Fisik Kimia Perairan	13
2.5.1 Kecerahan.....	13
2.5.2 Kedalaman	14
2.5.3 Suhu	14
2.5.4 Salinitas	15

2.5.5 Arus	15
2.5.6 Sedimen	15
2.6 Faktor Abiotik Penyebab Penyakit Karang	16
2.6.1 Perubahan Iklim	16
2.6.2 Penangkapan Ikan Berlebih	16
2.6.3 Polusi Air.....	16
2.6.4 Nutrien (Fosfat dan Nitrat)	17
2.7 PLTU Paiton	17
 BAB III METODOLOGI	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Peralatan	20
3.3 Prosedur Kerja.....	20
3.3.1 Tahap Preparasi	20
3.3.2 Tahap Pengambilan Data.....	21
3.4 Rancangan Penelitian.....	23
3.5 Analisa Data.....	24
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Gambaran Lokasi Penelitian	25
4.1.1 Variabel Fisik Kimia Perairan.....	25
4.1.2 Penutupan Karang	27
4.2 Prevalensi Penyakit Karang	31
4.3 Jenis Penyakit Band Diseases yang Menyerang Karang.....	35
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Anatomi dan struktur polip karang batu	7
Gambar 2.2 Simbion karang dan <i>Zooxanthellae</i>	8
Gambar 2.3 Cara makan katang menggunakan tentakel	9
Gambar 2.4 contoh penyakit <i>Band Diseases</i> (A: <i>White Band Disease</i> ; B: <i>Red Band Disease</i> ; C: <i>Black Band Disease</i> ; D: <i>Yellow Band Disease</i>).....	13
Gambar 3.1 Lokasi penelitian.....	20
Gambar 3.2 Koloni <i>Acroporidae</i> dengan <i>lifeform branching</i>	23
Gambar 4.1 Proporsi (dalam %) penutupan karang di lokasi <i>Water Discharge</i>	29
Gambar 4.2 Proporsi (dalam %) penutupan karang di lokasi Mercusuar.....	30
Gambar 4.3 Karang <i>Acropora</i> yang terinfeksi <i>Black Band Disease</i>).....	36
Gambar 4.4 Karang <i>Acropora</i> yang terinfeksi <i>White Band Disease</i>	37
Gambar 4.5 Komposisi <i>Band Disease</i> lokasi Mercusuar	41
Gambar 4.6 Komposisi <i>Band Disease</i> lokasi <i>Water Discharge</i>	41

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 3.1	Koordinat lokasi penelitian	30
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan	25
Tabel 4.2	Hasil Pemantauan Suhu di Lokasi Sampling	26
Tabel 4.3	Penutupan Karang Hidup	28
Tabel 4.4	Prevalensi Penyakit Karang ...	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Perhitungan Anova.....	57
Lampiran 2	Komposisi Karang Hidup.....	59
Lampiran 3	Foto Kegiatan.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan pusat pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap sebagai penggerak utama turbin guna menghasilkan tenaga listrik. Sistem ini bekerja dengan menggunakan air sebagai cairan kerja. Air diubah menjadi uap di ketel uap (*boiler*). Keluar dari turbin, uap dimasukkan ke mesin pengembun (kondensor) dengan pendingin berasal dari air, baik dari air tawar maupun air laut. Tugas utama pendingin hanya mengambil kalor dari kondensor sehingga air pendingin tadi mengalami kenaikan suhu (Hutomo *et al.*, 1992). Sistem yang sama diterapkan di PLTU Paiton dengan air pendingin yang dilepaskan ke perairan bersuhu relatif tinggi (rata-rata sekitar 35,5⁰C) dan bervolume 30-40 m³/detik dan lambat laun akan mempengaruhi lingkungan akuatik di sekitar PLTU Paiton (Effendi *et al.*, 2013).

Dari pemikiran diatas, air bahang lambat laun akan mempengaruhi lingkungan akuatik termasuk ekosistem terumbu karang. Terumbu karang merupakan suatu ekosistem yang bersifat *stenotolerant*, dalam artian bahwa terumbu karang memiliki kisaran toleransi perubahan parameter lingkungan yang relatif sempit, terutama untuk faktor salinitas, suhu, dan sedimentasi (Kleypas *et al.*, 1999). Karang merupakan organisme yang kehidupannya sangat dipengaruhi oleh suhu rata rata air laut. Suhu yang sesuai untuk pertumbuhan dan hidup karang berkisar antara 25⁰–29⁰ C (Wells 1954 dalam Supriharyono, 2000); sedangkan batas minimum dan maksimum suhu berkisar antara 16⁰–17⁰ dan 36⁰ C (Kinsman 1964 dalam Supriharyono, 2000), namun beberapa karang masih mampu hidup sampai batas suhu 36⁰–40⁰ C (Nybakken, 1997). Suhu yang mematikan bagi karang bukan hanya suhu yang ekstrem, namun fluktuasi suhu yang mendadak juga sangat berpengaruh (Supriharyono, 2000).

Pemantauan karang di perairan PLTU Paiton pernah dilakukan pada tahun 2009, 2010 dan 2012; dimana hasil pemantauan menunjukkan bahwa prosentase tutupan karang meningkat dari tahun ke tahun yaitu sebesar 8% (Saptarini *et al.*, 2010). Dari hasil pemantauan tersebut dapat diasumsikan bahwa keberadaan air bahang tampaknya tidak memiliki pengaruh besar terhadap prosentase penutupan karang. Karang bercabang dari genus *Acroporidae* telah diketahui sebagai famili karang dengan pertumbuhan dan perkembangan pesat (Wallace & Willis, 1994). Dan umumnya digunakan sebagai jenis utama sebagai karang transplan untuk rehabilitasi terumbu karang misalnya oleh PT. PJB UP Paiton 1&2. Tutupan karang *Acropora Branching* di lokasi Mercusuar lebih mendominasi jika dibandingkan lokasi lainnya di sekitar PLTU Paiton (PT. PJB UP. Paiton 1&2, 2014). Akan tetapi, sejauh ini belum diketahui secara pasti apakah keberadaan air bahang bersuhu tinggi tersebut berpengaruh terhadap kesehatan karang dimana peningkatan suhu diketahui juga dapat menginduksi penyebaran penyakit karang dengan meningkatkan laju transmisi penyakit karang dan juga laju pertumbuhan patogen; termasuk pada karang bercabang yang umum dijumpai di sekitar PLTU Paiton. Penyakit karang merupakan penyebab utama terjadinya kematian karang dan menurunkan pertumbuhan dan rekrutmen karang (Muller *et al.*, 2011). Dimana kebanyakan patogen tumbuh optimal pada suhu 27^o hingga 35^oC (Sokolow, 2009).

Salah satu jenis penyakit yang menyerang karang adalah *Band Diseases*. *Band Diseases* memiliki persebaran mulai dari laut Karibia, laut Merah, Indo-Pacific, dan daerah *Great Barrier Reef* (Sutherland *et al.*, 2004). *Band Disease* berkembang dan kemudian menginfeksi koloni karang sebagai sebuah pita (*band*) yang berdekatan, dari lebar 1 mm hingga beberapa sentimeter daengan tebal 1 mm. Penyakit ini memiliki laju infeksi antara 3 mm hingga 1 cm per hari dan melisiskan jaringan karang dan meninggalkan kerangka karang yang terbuka. Laju terbentuknya *mat* bermacam-macam bergantung pada faktor lingkungan seperti

intensitas cahaya, peningkatan suhu dan nutrisi (Miller *et al.*, 2011).

Oleh sebab itu, dari pemikiran-pemikiran tersebut perlu dilakukan penelitian lebih mendalam untuk mengetahui apakah air bahang bersuhu tinggi dari PLTU Paiton memberikan efek negatif terhadap karang bercabang di perairan sekitarnya. Pengaruh yang dimaksud adalah prevalensi penyakit terhadap koloni-koloni karang bercabang penyusun komunitas terumbu karang di lokasi studi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana prevalensi penyakit karang bercabang *famili Acroporidae* di perairan sekitar PLTU Paiton.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penyakit karang yang diamati adalah jenis *Black Band Disease*, *Red Band Disease*, *White Band Disease* dan *Yellow Band Disease* yang menyerang jenis karang bercabang.
2. Variabel fisik kimia lingkungan yang diambil yaitu suhu, salinitas, kecerahan dan pH, sedangkan variabel biotik yang diambil yaitu persentase tutupan karang.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur prevalensi penyakit karang bercabang *famili Acroporidae* di perairan sekitar PLTU Paiton; terkait dengan limpahan air bahang dari PLTU Paiton.

1.5 Manfaat

Diharapkan dapat memberikan banyak manfaat bagi mahasiswa, antara lain:

1. Memberikan gambaran pengaruh air bahang terhadap prevalensi penyakit karang pada karang bercabang *famili Acroporidae*.
2. Memberikan pertimbangan terhadap dinas terkait maupun pengelola PLTU Paiton dalam pengelolaan ekosistem perairan khususnya kawasan PLTU Paiton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Terumbu Karang

Karang keras (Scleractinia) termasuk dalam Filum Cnidaria, Kelas Anthozoa, dan Ordo Scleractinia (Suharsono, 2010). Karang keras merupakan pembentuk terumbu dibangun oleh rangka yang terdiri dari kapur, hidup secara soliter dan berkoloni (Burke *et al.*, 2012). Koloni karang tersebut terdiri dari individu karang yang disebut polip dan bentuknya seperti tabung (Levinton, 1982).

Ada dua kelompok karang, yang satu dinamakan hermatipik dan yang lain adalah ahermatipik. Karang hermatipik dapat menghasilkan terumbu sedangkan ahermatipik tidak. Karang ahermatipik tersebar di seluruh dunia, tetapi karang hermatipik hanya ditemukan di wilayah tropik. Perbedaan yang mencolok antara kedua karang ini adalah bahwa di dalam jaringan karang hermatipik terdapat sel-sel tumbuhan yang bersimbiosis yang dinamakan *zooxanthellae*, sedangkan ahermatipik tidak (Nybakken, 1992).

2.2 Biologi karang

2.2.1 Anatomi karang

Karang tersusun dari jaringan yang lunak dan bagian keras yang berbentuk kerangka kapur (Suharsono, 1996). Jaringan hidup dari binatang karang relatif sederhana dan menyerupai anemon. Tubuh seperti anemone itulah yang disebut polip dan umumnya berbentuk tabung silinder dengan ukuran diameter yang bervariasi mulai dari yang berukuran kurang dari 1 mm hingga beberapa sentimeter. Ada yang memanjang atau pipih sehingga membentuk skeleton yang menyatu. Mulut polip pada bagian atas silinder dikelilingi oleh banyak tentakel yang dapat dijulurkan dan ditarik masuk. Pada kebanyakan spesies, tentakelnya dapat dijulurkan keluar dan kadang ditarik masuk secara regular

siang dan malam sebagai respon untuk menangkap makanan secara cepat atau untuk menstimulus tentakel lainnya. Secara internal, struktur pencernaan terdiri dari mulut terus ke stomodeum atau faring yang pendek dan bersambungan hingga ke dalam rongga gastrovaskular. Rongga tersebut terbagi secara longitudinal oleh bagian-bagian yang radial disebut mesenterium yang menyimpan gonad dan juga berperan dalam proses pencernaan (Mapstone, 1990).

Skeleton ada yang soliter ada pula yang berkoloni dan disebut koralum, dimana bagian-bagian skeletal dideposit oleh polip tunggal membentuk sebuah koralit. Masing-masing koralit biasanya terbungkus oleh dinding theca yang terbuka pada bagian atas yang disebut kalis. Bahan kerangka penghubung antara koralit disebut konestum (Veron, 1986).

Menurut Veron (2000), individu karang yang disebut polip berbentuk seperti tabung. Pembagian tubuh polip terdiri dari: a) mulut terletak di bagian tengah karang. Mulut polip merupakan bagian dari *oral-disc* yang dikelilingi tentakel; b) *oral disc* adalah bagian yang datar pada daerah sekitar mulut; c) *Mesentery* adalah jaringan tisu karang yang vertical bersentuhan dengan oral disc pada bagian dalam dinding column; d) *Peristome* merupakan pinggiran dari bagian sisi mulut karang; e) *coenosarc* adalah jaringan tisu pada koloni karang yang menghubungkan antar polip; f) *stomadeum* disebut juga kerongkongan/*pharynx*, yang merupakan saluran pendek antara rongga perut atau *coelenteron*; g) *coelenteron* merupakan kelanjutan dari kerongkongan digunakan sebagai tempat terjadinya penyerapan nutrisi; h) tentakel digunakan untuk mengambil makanan dan perlindungan diri.

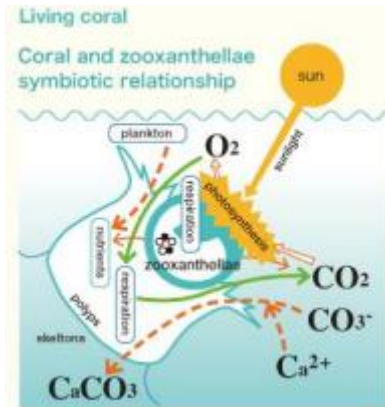


Gambar 2.1. Anatomi dan struktur polip karang batu (Veron, 2000).

2.2.2 Simbiosis

Zooxanthellae merupakan alga unisellular dari kelompok dinoflagelata. Organisme ini hidup pada beberapa invertebrate terutama pada karang (Tacket and Tacket, 2002). *Zooxanthellae* memiliki interaksi dengan hewan karang yaitu simbiosis mutualisme. *Zooxanthellae* masuk di dalam polip dengan tiga cara yaitu pada saat proses reproduksi dan pada fase larva serta saat terbentuknya polip baru (Purnomo dkk, 2010).

Simbiosis *Zooxanthellae* dengan karang memiliki keuntungan yaitu: *zooxanthellae* memberi energi sebesar 98% pada karang dari hasil fotosintesis berupa asam amino, gula dan oksigen yang digunakan untuk pertumbuhan dan reproduksi karang (Suharsono, 2010), selanjutnya *zooxanthellae* berperan dalam proses kalsifikasi karang; *zooxanthellae* selain mendapatkan tempat untuk berlindung juga mendapatkan nutrient (nitrat dan fosfat) dan karbondioksida dari hasil metabolisme karang (Veron, 2000).



Gambar 2.2. Simbion karang dan *zooxanthellae* (Kitamura, 2010)

2.2.3 Reproduksi

Umumnya karang hermatipik bereproduksi dengan cara melepaskan sel telur dan akhirnya terjadi pembuahan di luar. Karang melepaskan sejumlah telur dan sperma ke kolom air (Veron, 2000). Gamet–gamet tersebut berkembang menjadi plankton larva planula. Pada ukuran tertentu koloni karang mampu menghasilkan ribuan planula setiap tahunnya. Sejumlah besar planula sebelum melekat pada substrat mengalami kematian yang cukup besar. Sebaliknya, beberapa spesies karang menghasilkan planula yang sudah terbuahi di dalam tubuh induk (*internal fertilization*). Selama proses perkembangan, gamet membutuhkan waktu untuk mengendapkan planula sekitar terumbu tersebut tetapi bisa saja juga terbawa arus keterumbu lain (Veron, 2000).

2.2.4 Cara makan

Karang termasuk hewan *polytrophic* (makanan berasal dari beberapa sumber) seperti plankton, bahan organik partikulat dan terlarut, bakteri, Protista, dan hasil fotosintesis alga simbiosis yaitu *zooxanthellae* (Suharsono, 2010). Cara karang mendapatkan mangsanya secara aktif dengan menjulurkan tentakel kemudian mangsa disengat dengan *nematocyst* (Veron, 2000).



Gambar 2.3. Cara makan karang menggunakan tentakel (Wijgerde *et al.*, 2011)

2.3 Penyakit Karang

Penyakit merupakan gejala abnormal yang menyebabkan disfungsi secara fisiologis pada kesehatan karang (Raymundo *et al.*, 2008). Sedangkan Wobeser (1981) menyatakan bahwa penyakit adalah setiap gangguan yang mengganggu kinerja fungsi normal suatu organisme termasuk respon terhadap factor lingkungan seperti nutrisi, toxicant, dan iklim juga agen penular, cacat bawaan atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut untuk menentukan bahwa itu adalah penyakit. Penyakit pada karang biasanya merupakan respon terhadap perubahan lingkungan, serangan bakteri, virus dan pemangsaan. Penyakit karang (*coral disease*) tidak hanya disebabkan oleh mikroorganisme, namun masih banyak penyebab lainnya. Berdasarkan penyebabnya, penyakit karang dapat digolongkan menjadi dua, yakni infeksi pathogen dan noninfeksi. Pathogen dibedakan menjadi dua, yaitu mikro dan makro parasit. Sedangkan noninfeksi dapat berupa mutasi genetik, kekurangan nutrisi, meningkatnya suhu air laut, radiasi ultraviolet, sedimenasi dan polutan (Santavy & Peters, 1997).

2.4 Macam – Macam Penyakit Karang

2.4.1 *Black Band Disease*

Pada awal 1970, Arnfried Antonius melaporkan kejadian suatu band bermaterial hitam lembut yang keluar ke permukaan dari beberapa jenis karang otak dan karang masif pada terumbu karang di Karibia barat. *Band* adalah suatu tanda berupa garis yang terdapat pada koloni karang dimana warna tersebut mencirikan jenis penyakit pada suatu jenis karang. Penyakit ini ditandai dengan suatu lembaran/bercak (*mate*) hitam yang luasnya sekitar $\frac{1}{4}$ - 2 inci pada permukaan jaringan karang. Penyakit ini bergerak melewati permukaan rangka karang, dengan kecepatan sekitar 3 mm-1 cm perhari dan kemudian meninggalkan rangka karang berwarna putih kosong. *Black Band Disease* atau BBD juga dicirikan oleh suatu cincin gelap, yang memisahkan antara jaringan karang yang masih sehat dengan rangka karang. Penyakit ini juga disebut *Black Band Ring*. Dari hasil pengamatan pada bagian karang yang terkena penyakit ini, dijumpai suatu gabungan jasad renik, cyanobacterium *Spirulina*, oksidasi sulfur bakteri pereduksi sulfat, bakteri heterotropik dan jasad renik lain (Richardson *et al.*, 1997). BBD akan meningkat, apabila terjadi sedimentasi serta adanya pasokan nutrien, bahan-kimia beracun dan suhu yang melebihi normal (Richardson, 1998).

Black Band Disease berasosiasi dengan temperatur air yang tinggi (Kuta & Richardson, 2002). Umumnya terjadi dalam musim panas, dimana suhu air diatas 28°C. *Aspergillois* yang merupakan salah satu penyebab BBD sangat aktif ketika musim panas (Alker, 2001). *Cyanobacteria* yang merupakan penyebab BBD akan melakukan penetrasi ke dalam jaringan karang (Rützler *et al.*, 1983) dan akhir akhir ini penetrasinya berlanjut masuk hingga rangka karang (Miller *et al.*, 2011). Penetrasi *cyanobacteria* terhadap karang inangnya dibantu oleh *chemical lysis*. Kemudian racun dari BBD ini menyebabkan jaringan karang mengalami degradasi dan *lysis*. Efek dari *microcystin* dan *sulfide* ini menyebabkan *Cyanobacteria* ataupun konsorsium penyebab BBD lainnya dapat masuk kedalam jaringan karang

(Rützler *et al*, 2011). Fragmen karang yang terekspos menyebabkan pelepasan epidermis dan degradasi dari gastrodermis menyebabkan *zooxanthellae* lepas ke lingkungan sekitar. Pelepasan *zooxanthellae* dari jaringan karang adalah hasil dari degradasi secara fisik dari bagian gastrodermis (dimana *zooxanthellae* melekat) (Fang *et al*, 1998). *Black Band Disease* merupakan penyakit karang yang kompleks dimana perbedaan dan variabel konsorsium mikrobialnya tinggi. Dan menciptakan habitat dinamis dan beracun. Racun BBD berasosiasi dengan lingkungan, menyebabkan kerusakan pada jaringan *eukaryotic* dan mungkin membantu *cyanobacteria* masuk ke dalam epidermis dan gastrodermis dari karang inang (Miller *et al*, 2011).

2.4.2 Red-band Disease

Penyakit yang menyerupai *Black-band disease* (BBD) adalah *Red-band disease* (RBD). (Santavy & Peters, 1997) melaporkan bahwa suatu "*band* coklat" telah menginfeksi karang di *Great Barrier Reef*. RBD adalah suatu lapisan *microbial* yang berwarna merah bata atau coklat gelap, dan warna tersebut mudah dilihat pada permukaan jaringan karang. Penyakit ini menginfeksi karang otak (*Diploria strigosa*, *Montastrea annularis*, *Montastraea cavernosa*, *Porites astreoides*, *Siderastrea* sp. dan *Colpophyllia natans*) di *Great Barrier Reef*. *Band* nampak seperti gabungan dari *cyanobacteria* dan jasad renik yang berbeda dibanding dengan biota yang ditemukan pada BBD. Selain itu, pergerakan *microbial* ini berbeda, yakni tergantung pada induk karang (Richardson, 1992). RBD ditemukan di perairan Karibia barat Amerika, sedangkan "*Brown Band*" ditemukan di *Great Barreir Reef*. Penyakit RBD dan BBD menunjukkan gejala yang sama, yaitu hilangnya jaringan karang. Penyakit ini disebabkan karena rangka karang tercemar oleh alga berfilamen dan adanya akumulasi sedimen, yang dampaknya menyebabkan terhambatnya pertumbuhan karang baru.

2.4.3 White-band Disease

White band disease (WBD) pertama kali ditemukan pada tahun 1977 di Teluk Tague, St. Croix, Kepulauan Virgin,

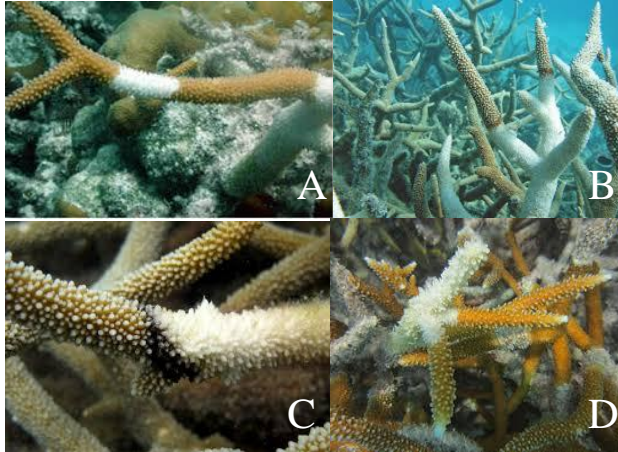
Amerika dan umumnya terjadi pada jenis karang bercabang. Hilangnya jaringan tersebut, akan mengakibatkan suatu garis pada koloni karang, oleh karena itu penyakit ini disebut *white-band disease* atau WBD (Green & Bruckner, 2000). Berbeda dengan kasus BBD, pada penyakit WBD tidak ditemukan adanya kumpulan jasad renik yang konsisten yang menyebabkan ditemukan pengelupasan pada jaringan dan rangka karang yang kosong. Pada bagian karang dari jenis (*Acropora cervicornis*), jaringan karang yang hilang hanya terjadi pada pertengahan suatu cabang. Tingkat jaringan karang yang hilang adalah sebesar 1/8 - 1/4 inci per hari, dan rangka karang yang kosong segera akan ditumbuhi oleh alga berfilamen. *Band* rangka karang yang berwarna putih kosong yang terlihat, lebarnya dapat mencapai antara 5-10 cm (Gladfelter, 1991). Jaringan karang yang tersisa pada cabang tidak menunjukkan adanya pemutihan, walaupun koloni yang terpengaruh secara keseluruhan terlihat adanya goresan warna.

Penyebab dari penyakit WBD masih belum banyak diketahui, namun demikian sudah ditemukan adanya kumpulan bakteri pada jaringan karang yang mampu meluas dari satu koloni ke koloni lainnya. Pada saat ini, para peneliti masih belum mampu mengidentifikasi peranan dari mikroorganisme yang ada pada jaringan karang yang terkena penyakit tersebut (Richardson, 1998).

2.4.4 Yellow-blotch atau Yellow-band Disease

Yellow blotch disease hanya mempengaruhi karang dari genus *Montastrea* dan karang otak *Colpophyllia natans*. *Yellow blotch disease* (YBD) pertama kali ditemukan pada tahun 1994 (Green & Bruckner, 2000). *Yellow blotch disease* diawali dengan adanya warna yang pucat, bintik yang sirkular pada jaringan translusen atau sebagai *band* yang sempit pada jaringan karang yang pucat di bagian pinggir koloni, namun areal disekitar koloni tersebut masih normal dengan pigmen jaringan yang baik. Bagian dari jaringan karang yang dipengaruhi oleh penyakit tersebut, akan keluar dari karang dan kemudian karang akan mati.

Jaringan karang yang hilang dari pengaruh penyakit YBD, rata-rata adalah 5-11 cm/tahun, lebih sedikit dari penyakit karang lainnya. Meskipun demikian penyakit ini dapat menyebar pada koloni karang yang lain dan dapat pula menyerang koloni karang yang sudah dewasa dan berukuran besar (Bruckner, 2001).



Gambar 2.4. contoh penyakit *Band Diseases* (A: *White Band Disease*; B: *Red Band Disease*; C: *Black Band Disease*; D: *Yellow Band Disease*) (Raymundo *et al.*, 2008)

2.5 Variabel fisik kimia perairan

2.5.1. Kecerahan

Kecerahan erat kaitannya dengan intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan. Kurangnya intensitas cahaya masuk dalam perairan akan mengganggu proses fotosintesis zooxanthellae, hal ini dapat mengurangi asupan energi untuk karang dan dengan kurangnya asupan energi dari zooxanthellae dapat mengakibatkan karang rentan dengan penyakit (Raymundo *et al.*, 2008). Tingkah laku bakteri juga dipengaruhi oleh intensitas cahaya, bakteri *Phormidium corallyticum* yang merupakan penyebab penyakit BBD cenderung ditemukan pada intensitas cahaya yang rendah (Viehman dan Richardson, 2002).

2.5.2 Kedalaman

Pada umumnya terumbu karang ditemukan pada kedalaman 3- 50 meter, namun di beberapa perairan masih ditemukan hingga kedalaman 70 meter (Veron, 2000). Tutupan tertinggi ditemukan pada karang dengan kedalaman 20 meter untuk karang masif dan sub masif sedangkan untuk karang bercabang subur pada kedalaman 10 meter (Miller, 1995). Kedalaman perairan berhubungan dengan intensitas cahaya matahari, dengan bertambahnya kedalaman intensitas cahaya yang masuk semakin rendah (Viehman dan Richardson, 2002).

2.5.3 Suhu

Karang hermatipik dikenal sebagai pembentuk utama terumbu karang. Karang hermatipik mampu hidup di atas suhu 18°C, namun di perairan Jepang masih ditemukan karang yang bertahan hidup pada suhu 11 °C - 14 °C. Di perairan Jepang, suhu di bawah 11 °C hanya 75% karang yang mampu bertahan hidup (Veron, 2000). Selanjutnya dikatakan suhu optimal pertumbuhan karang berkisar 25 °C hingga 29 °C untuk karang hermatipik. Suhu selain mempengaruhi pertumbuhan karang juga dapat mempengaruhi laju infeksi penyakit. Menurut Raymundo *et al.*, (2006) bahwa peningkatan laju infeksi seiring dengan peningkatan suhu. Suhu yang tinggi juga mampu menyebabkan stress serta meningkatkan virulensi patogen. Boyett, (2006) menyatakan bahwa kenaikan suhu mempengaruhi laju infeksi *black band disease* di *Great Barrier Reef*. Dengan adanya fluktuasi suhu menyebabkan patogen lebih ganas atau agresif (Harvel *et al.*, 2004) sehingga karang mengalami kematian (Raymundo *et al.*, 2008). Menurut Ritchie (2006) bahwa pada musim panas, suhu perairan akan naik dan karang cenderung mengeluarkan lendir lebih banyak. Akibatnya, lendir tersebut akan

menurunkan sistem imun karang sehingga lebih rentan terhadap penyakit.

2.5.4 Salinitas

Salinitas berperan penting karena mempengaruhi pertumbuhan karang dan salinitas termasuk sebagai faktor pembatas bagi karang. Pertumbuhan 11 optimal pada karang yang baik pada kisaran 34 ‰ sampai 36 ‰. Namun karang rentan pada kisaran salinitas dibawah 27 ‰. Karang juga memiliki tingkat pertahanan terhadap salinitas tinggi seperti dari jenis *Acropora* dan *Porites* yang mampu bertahan hidup sampai pada salinitas 48 ‰. Karang sulit hidup di sekitar muara sungai atau daerah dengan salinitas mendekati 0 ‰ atau pantai di daratan utama (Thamrin, 2006).

2.5.5 Arus

Arus merupakan pergerakan air yang berperan penting bagi organisme laut yang ada di dalamnya. Sirkulasi air atau arus air berperan pada penyediaan oksigen dan makanan bagi zooxanthellae dan karang (Guntur, 2011). Di Negara Jepang arus laut Kuroshio mempengaruhi penyebaran karang keras. Arus tersebut berasal dari Negara Filipina (Veron, 2000). Karang memerlukan pergerakan air atau arus untuk membersihkan permukaannya dari sedimen (Raymundo *et al.*, 2008). Dengan adanya gelombang atau arus karang akan mendapatkan air yang segar dan bisa membersihkan diri dari endapan-endapan yang menutupi permukaan koloni karang dan arus membawa makanan berupa plankton bagi karang (Raymundo *et al.*, 2010).

2.5.6 Sedimen

Padatan tersuspensi tinggi menyebabkan tingkat kekeruhan yang tinggi sehingga cahaya yang masuk pada perairan akan terbatas. Zooxanthellae tersebut akan sulit melakukan fotosintesis karena penetrasi cahaya yang kurang. Akibatnya, pemenuhan kebutuhan makanan yang diberikan zooxanthellae menjadi terbatas (Raymundo *et al.*, 2008).

Perairan yang mengandung banyak sedimen bisa menimbulkan padatan menjadi tersuspensi dalam perairan dan dapat mengendap pada karang kemudian menutupi polip karang. Hal ini mampu memicu perkembangan bakteri dan akan berkumpul pada permukaan karang serta menjadi tempat bagi bakteri misalnya *P.corallyticum* (Richardson, 1997).

2.6 Faktor Abiotik Penyebab Penyakit Karang

Faktor abiotik seperti perubahan iklim, penangkapan ikan yang berlebih, polusi air dan nutrisi. Tingginya masing-masing faktor abiotik juga mampu menyebabkan timbulnya penyakit pada karang (Santavy, 2005).

2.6.1 Perubahan Iklim

Bumi sedang mengalami percepatan perubahan iklim yang didorong oleh meningkatnya gas-gas rumah kaca. Selama abad terakhir, rata-rata suhu global meningkat $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ dan diprediksi akan meningkat menjadi $1,5 - 4,5^{\circ}\text{C}$ pada abad ini. Perubahan iklim berpengaruh terhadap penyebaran penyakit misalnya level penyakit karang meningkat pada musim panas, juga bleaching yang biasa disebabkan oleh peningkatan temperatur hingga menyebabkan kematian pada karang (Hughes *et al.*, 2003).

2.6.2 Penangkapan Ikan yang Berlebih

Over fishing atau penangkapan ikan berlebih akan mengurangi jumlah ikan pemakan alga sehingga meningkatkan jumlah alga yang terdapat pada terumbu karang. Pertumbuhan alga yang banyak dapat meningkatkan kematian karang dengan cara meningkatkan aktivitas mikroba melalui senyawa terlarut. Penangkapan ini secara tidak langsung juga menjadi tekanan atau stress bagi karang hingga menyebabkan penyakit pada karang (Hughes *et al.*, 2003).

2.6.3 Polusi Air

Peningkatan nutrisi pada perairan pantai turut mencemari terumbu (seperti fosfat, nitrat, amonia, dan karbon organik terlarut) telah menjadi penyebab menurunnya kondisi karang.

Polusi air akan memenuhi kolom air dan hal ini mengurangi intensitas cahaya yang menyebabkan gangguan pada simbion karang yaitu zooxanthellae. Polusi air juga menyebabkan kualitas air yang buruk dan menjadi kondisi yang baik bagi bakteri penyebab penyakit (Rosenberg et al., 2007).

2.6.4 Nutrien (Fosfat dan Nitrat)

Jumlah fosfat dan nitrat menyebabkan kondisi yang buruk bagi karang sehingga bisa berakibat pada kematian karang. Nutrien yang berlebih juga merupakan faktor penyebab meningkatnya penyakit karang (Boyet, 2006). Laju infeksi *Yellow Band Disease* dan *Aspergilosis* berkorelasi positif dengan tingginya unsur hara, fosfat dan nitrat (Raymundo et al., 2008). Fosfat dan nitrat yang berlebih dalam perairan akan memicu pertumbuhan fitoplankton sehingga menyebabkan eutrofikasi, apabila fitoplankton meningkat maka terjadi kompetisi antara karang dan fitoplankton dalam proses fotosintesis. Hal ini dapat menyebabkan kondisi karang menurun (Smith, 2006). Selain itu konsentrasi kadar nitrat dan fosfat yang tinggi menyebabkan fotosintesis pada cyanobakteri meningkat dan merupakan sumber nutrisi bagi cyanobakteri. Hal ini akan meningkatkan aktivitas cyanobakteri. Aktivitas cyanobakteri yang tinggi terus merusak karang dan menyebabkan penyakit. Keadaan tersebut meningkatkan pula laju penyakit *black band disease* (Boyet, 2006).

2.7 Air Bahang

Menurut Nontji (1999), suhu permukaan laut di Indonesia berkisar antara 28°C-31°C. namun untuk di daerah sekitar pembuangan limbah industri atau pembangkit listrik dapat terjadi kenaikan suhu permukaan mencapai 37°C.

PLTU adalah suatu pusat pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap sebagai penggerak utama turbin guna menghasilkan tenaga listrik. Pembangkit listrik tenaga uap mempunyai produk sampingan berupa air panas yang suhunya

lebih tinggi daripada suhu air sebelum dipakai untuk pendingin. Besarnya kebutuhan air pendingin bergantung pada kapasitas maksimum dari unit-unit di PLTU. Pada umumnya penggunaan air pendingin pada beban penuh untuk setiap megawatt diperlukan sebanyak antara 45-55 m³/detik. Air pendingin yang bersuhu relatif tinggi, volume banyak, dan secara terus menerus dibuang ke perairan setempat. Perairan penerima air pendingin lambat laun akan dipengaruhi oleh naiknya suhu akibat pembuangan air pendingin (Hutomo et.al, 1992).

Menurut laporan akhir ANDAL tentang Studi Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) (1998) bahwa pada kegiatan pengambilan dan pembuangan air pendingin selama pengoperasian PLTU Paiton terdapat saluran *water intake* dan *cooling water discharge*. Saluran *water intake* menyerupai sungai besar terletak di sebelah barat kompleks PLTU Paiton dan digunakan bersama-sama oleh pengelola PLTU Paiton yaitu PT. PLN, PT. Paiton Energy Company, dan PT. Jawa Power.

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu Pelaksanaan dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada periode Februari-Juni 2015. Pengamatan sebanyak 2 kali yaitu pada bulan Maret dan di bulan Mei, dilakukan pada 2 lokasi *sampling* yaitu barat *Water Discharge* dan Mercusuar PLTU Paiton. Dilakukannya 2 kali pengamatan untuk melihat seberapa besar laju infeksi penyakit karang tersebut terhadap karang inang. 2 lokasi tersebut disajikan dalam gambar 3.1 sedangkan posisi geografis masing-masing stasiun *sampling* disajikan dalam Tabel 3.1 Analisis data dilakukan di Laboratorium Ekologi Jurusan Biologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.



Gambar 3.1. Lokasi penelitian (lokasi Water Discharge, Mercusuar, dan pasir putih). (modifikasi dari www.googleearth.com, 2014)

Tabel 3.1. Koordinat lokasi penelitian (lokasi Water Discharge, Mercusuar, dan pasir putih)

No	Lokasi	Posisi	
		latitude (LS)	longitude (BT)
1	Water Discharge Barat	7 ⁰ 42'53.92"	113 ⁰ 35'48.86"
2	Mercusuar	7 ⁰ 42'02.50"	113 ⁰ 34'26.10"

3.2 Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat SCUBA Dive, dengan rincian Snorkel “open water[®]”, masker “Mares[®]”, Fin “Mares[®]”, BCD “BCPRO 3500[®]”, meteran lapangan 100 m, Secchi Disk, Hand Salino Refraktometer ATC FG-217[®] dengan ketelitian 1‰, Global Positioning System “Garmin eTrex[®]” dengan ketelitian akurasi terkecil 3 m, mini clipboard plastik, termometer merkuri “Pyrex[®]” dengan ketelitian 0,1⁰ C, pH meter, kertas new top, pensil, kuadran dengan dimensi 1m², jangka sorong “Kondo[®]” dan *underwater camera* (Pentax optio WG/3[®], Canon Powershot G12[®] with hosting underwater WP-DC28[®]).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah terumbu karang *famili Acroporidae* dengan *lifeform branching* yang terinfeksi oleh penyakit.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Tahap preparasi

Sebelum dilakukan survei pengambilan data di lapangan dilakukan beberapa persiapan, yaitu:

1. Studi pustaka/literatur.
Studi pendahuluan meliputi pengumpulan informasi mengenai lokasi studi dan studi pustaka yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengambilan data; kemudian dilakukan penentuan waktu dan lokasi pengambilan data.
2. Pengamatan Lapangan.

Pengamatan lapangan meliputi pengambilan data tutupan karang, pengambilan data prevalensi penyakit karang, dan variabel fisik kimia perairan di lokasi sampling.

3. Analisa data.

Analisa data meliputi data analisa hasil penelitian dan hasil penelitian menggunakan *Anova* dua arah. Dengan taraf kepercayaan 95% dan *Tukey,s HSD Test (Honestly Significant Difference)* sebagai uji lanjutan (dengan $p=0,05$) dengan menggunakan *software SPSS 18.0*.

3.3.2 Tahap Pengambilan Data

A. Pengambilan Data Parameter Fisik Perairan

Data parameter lingkungan yang diambil meliputi suhu permukaan dan dasar perairan, pH, kecerahan dan salinitas perairan. Pengukuran suhu dilakukan secara in-situ di permukaan perairan dan kedalaman 5 meter perairan tersebut. Suhu dihitung dalam satuan Celcius ($^{\circ}\text{C}$). Kecerahan perairan diukur menggunakan *Sacchi disk* yang diturunkan dari permukaan laut menuju dasar perairan sehingga warna hitam dan putih yang terdapat pada piringan *Sacchi disk* tidak dapat dibedakan warnanya dan didapatkan satuan meter sampai cahaya tidak bisa menembus perairan. Salinitas badan perairan dapat dilakukan dengan cara mengambil sampel air dari dalam badan perairan menggunakan botol dan dihitung menggunakan *Hand salino refraktometer ATC FG-217[®]* sehingga didapatkan nilai kandungan garam di perairan dengan satuan promil (‰). Sedangkan uji pH dilakukan dengan mencelupkan pH meter pada sampel air yang sama untuk analisis salinitas.

B. Pengambilan Data Tutupan Karang

Pengambilan data tutupan karang dilakukan dengan menggunakan metode *Line Intercept Transect (LIT)* dengan transek sepanjang 20 m dengan pengulangan sebanyak 3 kali

pada setiap lokasi. Pengambilan data ini dilakukan untuk mengetahui tutupan karang di titik sampling karena berkorelasi dengan laju penyakit karang dan inang konsorsium penyebab penyakit karang. LIT digunakan untuk menilai suatu komunitas bentik yang *sessile* dalam suatu terumbu karang. Komunitas dapat dicirikan dengan menggunakan kategori bentuk hidup (*life form*) yang menghasilkan deskripsi morfologi dari suatu komunitas karang. Metode ini memperkirakan penutupan suatu objek dalam suatu wilayah dan pada umumnya ditampilkan dalam bentuk presentase (English *et al.*, 1994).

Pengamatan dilakukan dengan cara pengamat bergerak perlahan disepanjang transek kemudian dilakukan pencatatan bentuk hidup karang yang dilalui oleh meteran lapangan. Bentuk hidup karang (*life form*) diidentifikasi berdasarkan kategori *life form* (English *et al.*, 1994).

$$n_i = \frac{li}{L} \times 100\%$$

Dimana:

- ni = Persentase penutupan karang (%)
- Li = Panjang life form (intercept koloni) jenis kategori ke-i
- L = panjang total transek

(Tuhumena *et al.*, 2013)

C. Pengambilan Data Penyakit Karang

Pengambilan data infeksi penyakit karang dilakukan dengan menggunakan metode survei *Belt transect* dengan panjang transek 20 m, lebar transek 2 m (Raymundo *et al.*, 2008) dan dilakukan pengulangan transek sebanyak 4 kali. Transek dipasang pada kedalaman 5 m. sepanjang transek dilakukan perhitungan jumlah koloni karang *famili Acroporidae* dengan *lifeform branching* yang sehat dan

terserang penyakit. Identifikasi jenis karang dilakukan langsung di lapangan serta dilakukan berdasarkan buku Veron (2000) dan Suharsono (2004) sedangkan identifikasi penyakit karang dilakukan berdasarkan Raymundo *et al.*, (2008).

3.4 Rancangan Penelitian

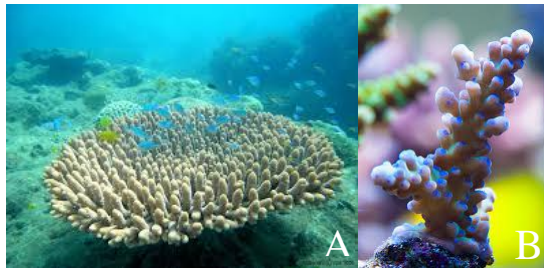
Data yang dihasilkan dari proses pengambilan data diolah secara deskriptif kuantitatif, dimana penelitian ini menggunakan 3 variabel yaitu: variabel bebas, variabel terikat dan variabel moderat. Variabel bebas berupa lokasi penelitian, variabel terikat berupa prevalensi penyakit karang dan variabel moderat faktor fisika kimia perairan. Dengan demikian penelitian ini diharapkan mampu menggambarkan komposisi penyakit karang di kedua titik sampling.

Data kuantitatif pada penelitian ini berupa nilai prevalensi diperoleh melalui persamaan berikut.

$$Prevalensi = \frac{\text{koloni sakit}}{\text{total koloni}} \times 100\%$$

(Raymundo *et al.*, 2008)

Nilai prevalensi diperkirakan untuk setiap unit subsampel. (Raymundo *et al.*, 2008). Apabila salah satu fragmen terinfeksi *Band Diseases* maka keseluruhan koloni dianggap sebagai koloni sakit.



Gambar 3.2 Koloni *Acroporidae* dengan *lifeform branching* (A: contoh koloni; B: fragmen *Acroporidae*) (Veron, 2000)

3.5 Analisis Data

Analisis data secara deskriptif dilakukan dengan menggunakan bantuan program (*analysis of varians*) *anova* dua arah (*two ways*). Analisa menggunakan 2 faktor yaitu waktu dan lokasi terhadap prevalensi penyakit karang. Dengan taraf kepercayaan 95% dan *Tukey,s HSD Test* (*Honestly Significant Difference*) (dengan $p= 0,05$) dengan menggunakan *software* SPSS 18.0.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Lokasi Penelitian

4.1.1 Variabel Fisik Kimia Perairan

Penelitian prevalensi penyakit *Band Disease* pada karang bercabang dilakukan di zona subtidal perairan laut sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton, Kabupaten Probolinggo, dengan kedalaman 3-8 meter. Pengukuran parameter kecerahan, suhu, pH air dan salinitas dilakukan secara langsung di lokasi penelitian (*in-situ*). Hasil pengukuran parameter lingkungan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan

Parameter	Baku Mutu	Stasiun	P.I	P.II
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	28-30	WD. P	33	33
		WD. 5	31	31
		MR. P	31	31
		MR. 5	30	30
Salinitas (‰)	33-34	WD	31	31
		MR	32	32
pH	7-8,5	WD	7.1	8
		MR	7.2	7.3
Kecerahan (m)	>5	WD	6.5	5.72
		MR	6.7	6.5

Keterangan (P.I: bulan Maret, P.II: bulan Mei, WD: Water Discharge, MR: Mercusuar, Baku mutu air laut menurut Kepmen Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 Lampiran III).

Berdasarkan hasil pengukuran parameter lingkungan pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa parameter kecerahan dan pH masih memenuhi baku mutu air laut sesuai dengan KepMen LH No. 51 tahun 2004. Namun, parameter suhu dan salinitas menunjukkan hasil di atas baku mutu perairan.

Suhu air yang tinggi di lokasi sampling disebabkan karena keberadaan air bahang yang keluar dari sisa pendinginan generator PLTU dengan suhu yang berkisar antara 35⁰-36⁰C (Nontji., 1999) yang kemudian bercampur dengan air laut. Suhu tertinggi pada lokasi sampling berada di *Water Discharge* yaitu 33⁰C. Lokasi sampling yang menjauhi area *Water discharge* memiliki suhu air laut yang lebih rendah. Hal ini dapat terlihat pada lokasi Mercusuar yang memiliki suhu 30⁰-31⁰C, dimana merupakan suhu rata-rata air laut. Suhu optimal pertumbuhan karang berkisar 25 °C hingga 29 °C untuk karang hermatipik. Selain mempengaruhi pertumbuhan karang, suhu juga dapat mempengaruhi laju infeksi penyakit. Menurut Raymundo *et al.*, (2006) peningkatan laju infeksi berlangsung seiring dengan peningkatan suhu. Suhu yang tinggi menyebabkan *stress* serta meningkatkan virulensi *pathogen* penyebab penyakit.

Tabel 4.2. Hasil Pemantauan Suhu di Lokasi Sampling (PT. PJB, 2015).

No.	Parameter	lokasi	Periode			
			2010	2011	2012	2014
1	suhu	WD	35	32	33	33
2		MR	29	29	30	29

Hasil pemantauan suhu yang dilakukan PT. PJB sejak tahun 2010 menunjukkan angka yang stabil dimana parameter suhu pada lokasi WD menunjukkan angka yang melebihi baku mutu dibandingkan lokasi MR yang

menunjukkan hasil sesuai baku mutu menurut Kepmen Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004.

Salinitas terendah pada lokasi sampling terdapat di lokasi *Water discharge* yaitu sebesar 31‰. Salinitas lingkungan terumbu karang sendiri hampir sama dengan salinitas air laut normal, yaitu 32-35‰. Perubahan salinitas dapat mempengaruhi metabolisme dan/atau fotofisiologi dari hewan karang melalui cekaman salinitas pada alga simbiosis karang (Van der Merwe *et al.*, 2014). Namun, pengaruh salinitas terhadap kehidupan hewan karang sangat bervariasi tergantung pada kondisi perairan laut setempat, bahkan sering kali salinitas di bawah minimum dan di atas maksimum tersebut karang masih bisa hidup, demikian pula dengan pengaruh salinitas pada tiap jenis karang terjadi variasi salinitas (Supriharyono, 2000; 2007). Perubahan salinitas secara alami dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain curah hujan, pengaliran air tawar kelaut secara langsung maupun lewat sungai atau gletser, penguapan dan arus laut (Huboyo *et al.*, 2007).

Tingkat keasaman (pH) dari kedua lokasi sampling menunjukkan hasil yang memenuhi kriteria baku mutu perairan. Skala pH menunjukkan perbandingan konsentrasi antara ion H^+ dan OH^- . Sistem karbondioksida-asam askorbat-bikarbonat berfungsi sebagai buffer yang dapat mempertahankan pH air laut dalam suatu kisaran yang sempit (Nybakken, 1997 dalam Sugiyanto, 2004). pH yang tinggi akan meningkatkan tingkat kejenuhan argonit dan membuat pengendapan $CaCO_3$ menjadi lebih cepat (Al Horani *et al.*, 2003).

Tingkat kecerahan di kedua lokasi yang berkisar 5-6,72 meter sesuai dengan baku mutu Kepmen LH No.51 Tahun 2004 yaitu kecerahan optimal untuk biota laut adalah lebih dari 5 meter. Tingkat kecerahan tertinggi terdapat pada lokasi *Discharge Canal* dimana kecerahan mencapai 6,72 meter dan kecerahan terendah terdapat pada lokasi Mercusuar

dengan kecerahan sebesar 5 meter. Menurut Juwana dan Romimohtarto (2001), terumbu karang dapat tumbuh dengan baik karena faktor kecerahan perairan. Hal ini erat kaitannya dengan keberadaan alga simbiotik yaitu *zooxantellae* yang memerlukan sinar matahari untuk berfotosintesis. Menurut Chappell (1980), pada suatu perairan dengan ketersediaan cahaya yang melimpah dapat mendukung kehidupan karang *branching* karena cahaya yang melimpah dapat mendukung kehidupan karang dengan permukaan yang tertutup oleh polip.

4.1.2 Penutupan Karang

Pengambilan data tutupan karang dilakukan dengan menggunakan metode *Line Intercept Transect* (LIT) dengan transek sepanjang 20 m dengan pengulangan sebanyak 4 kali pada setiap lokasi. Metode LIT digunakan untuk memperkirakan penutupan dari suatu objek pada suatu area dan kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase. Komunitas karang dicirikan menggunakan kategori *lifeform* (bentuk hidup). Kategori ini dicatat oleh pengamat yang berenang di sepanjang garis transek (English *et al.*, 1994).

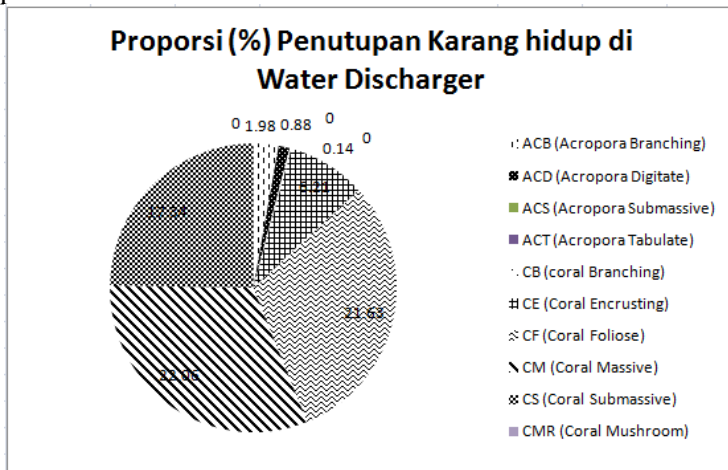
Tabel 4.3. Penutupan Karang Hidup

Lokasi	% Tutupan Karang Hidup	Kategori (Kepmen LH No.4 Tahun 2001)
Mercusuar	81.47	Sangat Baik
<i>Discharge Canal</i>	70.24	Baik

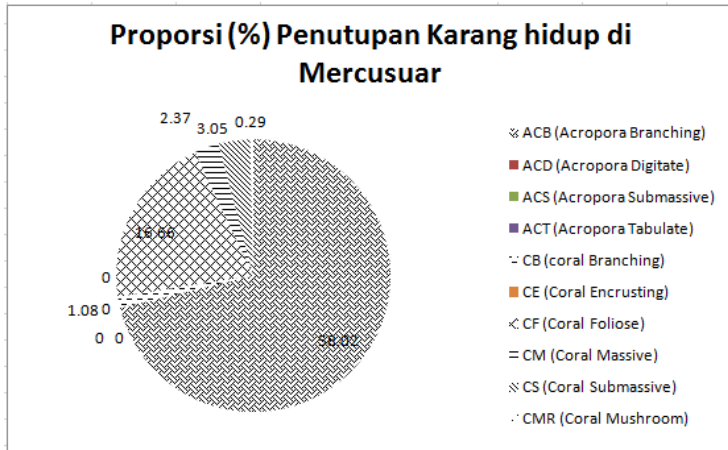
Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa lokasi Mercusuar memiliki penutupan karang hidup sangat baik dan lebih tinggi dibandingkan lokasi *Water Discharge* menurut kriteria baku kerusakan Kepmen LH No.4 Tahun 2001. Tutupan karang pada lokasi Mercusuar sebesar

81.47% (sangat baik), sedangkan pada lokasi *Water Discharge* sebesar 70.24% (baik). Lokasi Mercusuar memiliki persentase penutupan karang yang lebih tinggi hal ini dapat terjadi karena berdasarkan hasil pengukuran beberapa variabel lingkungan di lokasi Mercusuar berada pada nilai yang mendekati optimal untuk mendukung pertumbuhan karang. Kecerahan berpengaruh terhadap proses fotosintesis alga simbiosis (*zooxanthellae*) pada karang. Dengan adanya fotosintesis ini, maka karang dapat mendeposit kerangka kapur 2 hingga 3 kali lebih cepat dibanding saat kondisi gelap. Sehingga cahaya mempercepat laju kalsifikasi (Veron, 1986).

Hasil pengamatan *lifeform* pada lokasi *Water Discharge* dan lokasi Mercusuar dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Karang yang dominan di *Water Discharge* adalah CM (22.06% dari total penutupan karang hidup), CF (21.63%) dan CS (karang submasif/submassive coral, 17,34%). Untuk kategori karang *Acropora*, *life form* dominan adalah ACB (*Acropora Branching*) dengan presentasi sebesar 1.98%.



Gambar 4.1. Proporsi (dalam %) penutupan karang di lokasi *Water Discharge*.



Gambar 4.2. Proporsi (dalam %) penutupan karang di lokasi Mercusuar

Lokasi Mercusuar memiliki tipe terumbu karang yang berbeda bila dibandingkan dengan lokasi *Water Discharge*. Pada lokasi ini, terumbu karang tumbuh diatas gosong pasir pada kedalaman 4-15 meter. Substrat dasar berupa pasir kasar dengan campuran *silt* dan *clay* (PT. PJB, 2014). Persentase tutupan karang hidup di Mercusuar sebesar 81,47% yang merupakan persentase tutupan karang terbesar diantara 2 lokasi sampling. Terumbu karang di lokasi Mercusuar didominasi oleh karang *Acropora* dan *Montipora* (family Acroporidae).

Lifeform tutupan karang didominasi oleh *lifeform Acropora Branching* dengan presentase sebesar 58,02% dari total tutupan karang, CF (16,66%), CS (3,05%) dan CM (2,37%). Hal ini dapat terjadi karena berdasarkan hasil pengukuran beberapa variabel lingkungan di lokasi Mercusuar mendekati baku mutu pertumbuhan karang. Hal ini juga dapat dipengaruhi oleh kondisi perairan di Mercusuar yang relatif lebih jernih dan memiliki arus yang lebih kuat apabila dibandingkan dengan lokasi *Water Discharge*.

Karang *Acropora* tumbuh dengan baik pada daerah berarus sedang. Jenis-jenis karang batu dari marga *Acropora* mempunyai polip yang kecil dan sulit untuk membersihkan diri, sehingga untuk membersihkan dirinya dari partikel-partikel yang melekat, jenis ini membutuhkan arus yang cukup kuat (PT. PJB, 2014). *Acropora* bercabang karena memiliki tingkat ketahanan hidup yang tinggi. Kecepatan pertumbuhannya tinggi serta memiliki kemampuan yang tinggi dalam menutupi daerah ekosistem terumbu karang yang kosong (Harriott dan Fisk., 1988).

Pertumbuhan karang tergantung berbagai faktor *exogenic* dan *endogenic* (Buddemeier dan Kinzie, 1976). Faktor kedalaman perairan dan letak geografis adalah salah satu faktor yang mudah untuk ditentukan. Variabel lingkungan, termasuk intensitas cahaya, pergerakan arus perairan, pengadukan sedimen di perairan dan bahan organik. Cahaya merupakan faktor lingkungan yang sangat mendasar dalam pengendalian pertumbuhan dan alga simbiosis karang *Zooxanthellae* penghasil karbonat (Murti and Hallock, 2003).

4.2 Prevalensi Penyakit Karang

Dari hasil Anova (*analysis of varians*) two way ($p=0,05$) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan prevalensi Band Diseases pada kedua lokasi yaitu Mercusuar (MR) dan *Water Discharge* (WD) pada dua kali periode sampling bulan Maret dan Mei. Nilai antara lokasi dan waktu ataupun interaksinya terhadap *Band Diseases* memiliki angka lebih besar dari α (0,05) sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada pengaruh perbedaan lokasi dan perbedaan waktu pengambilan data terhadap prevalensi penyakit karang.

Sementara itu hasil pengukuran prevalensi penyakit karang yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3. Kelimpahan penyakit karang erat kaitannya dengan suhu dan intensitas cahaya, dimana ketika terjadi peningkatan suhu perairan, maka kasus penyakit karang juga mengalami

peningkatan (Boyett *et al.*, 2006). Penyakit karang akan lebih sering terlihat pada area yang dangkal dan menyerang karang dominan di area tersebut. Kelimpahan penyakit karang biasanya terjadi pada waktu transisi antara musim kemarau ke musim hujan (Oktober - November), dimana terdapat hubungan langsung antara peningkatan temperatur dan intensitas cahaya (Johan *et al.*, 2015).

Tabel 4.3. Prevalensi penyakit karang

Lokasi	nilai prevalensi (%)				rata rata
	R1	R2	R3	R4	
periode Maret					
WD	50.00	25.00	0.00	25.00	25.00
MR	25.81	31.71	21.43	8.33	21.82
periode Mei					
WD	50.00	25.00	40.00	25.00	35.00
MR	29.03	31.71	21.43	16.67	24.71

Dari Tabel 4.3 diketahui bahwa tingkat prevalensi *Band Disease* periode Maret pada lokasi WD sebesar 25%, sedangkan pada lokasi MR prevalensi *Band Disease* sebesar 21,82%. Sedangkan pada periode Mei prevalensi pada lokasi WD sebesar 35% dan pada lokasi MR sebesar 24,71%. Meskipun hasil Anova menunjukkan tidak adanya perbedaan, tetapi terdapat perbedaan bahwa nilai prevalensi *Band Diseases* pada lokasi *Water Discharge* (DC) relatif lebih besar dibandingkan lokasi Mercusuar (MR). Hal ini diduga karena faktor suhu, dimana suhu rata-rata *Water Discharge* (WD) lebih besar dibandingkan Mercusuar (MR). Efrini dan Muzaki (2015) menjelaskan bahwa prevalensi penyakit *White Syndrome* tertinggi berada pada lokasi WD untuk karang *massive* dimana diduga terkait dengan faktor tingginya suhu

di lokasi WD. Menurut Bruno *et al.*, (2007) setiap peningkatan 1°C suhu perairan mampu menginduksi kelimpahan patogen penyebab penyakit karang. Berdasarkan pengukuran variabel lingkungan yang telah dilakukan, lokasi WD maupun lokasi MR memiliki suhu diatas ambang batas yaitu 30.5°C - 31°C . Dari hasil pengamatan pada lokasi WD memiliki rata-rata suhu yang lebih tinggi dari pada lokasi MR, selain itu lokasi WD juga memiliki prevalensi penyakit yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi MR. Hal ini sesuai dengan pernyataan Palmer *et al.*, (2011), dimana suhu perairan yang melebihi ambang batas dapat menurunkan imunitas terumbu karang dan meningkatkan kelimpahan *pathogen* penyebab penyakit karang, sehingga terumbu karang lebih rentan terhadap serangan *pathogen*.

Effendi dan Aunurohim (2011) menyebutkan bahwa suhu *water discharge* (WD) mencapai 34°C sedangkan Ismayati *et al.* (2013) sebesar 36°C . Hasil pengukuran suhu pada laporan pemantauan tahunan yang telah dilakukan oleh PT.PJB (2014) menunjukan bahwa selama 4 tahun pengamatan (2010-2014) lokasi WD memiliki kisaran suhu yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan lokasi MR yaitu berkisar antara $32-35^{\circ}\text{C}$. Suhu yang tinggi dapat menyebabkan *stress* pada karang, sehingga rentan terhadap infeksi (Ward *et al.*, 2007).

Sebaran suhu panas yang terjadi dapat dimungkinkan karena pengaruh arus dimana menurut Wyrтки dalam Ismayati *et al.*, (2013) sirkulasi air laut di perairan Indonesia dipengaruhi oleh system angin muson. Pada bulan Mei sedang terjadi Muson timur dimana arah arus permukaan laut menuju barat yang akhirnya menuju Laut Cina Selatan. Hal inilah yang kemungkinan menjadi penyebab lokasi WD memiliki nilai prevalensi yang lebih tinggi dari pada lokasi MR. Menurut Palmer *et al.* (2011), suhu perairan yang menghangat dapat meningkatkan kelimpahan *pathogen*, mengubah

kemampuan *pathogen* untuk menyerang karang lebih ganas dan mempengaruhi imunitas karang.

Suhu perairan mengganggu simbiosis antara karang dan alga simbiosis (Hughes *et al.*, 2003), musim dingin memungkinkan patogen *persistent* melimpah (Harvell *et al.*, 2009), pengasaman perairan mempengaruhi pengurangan kemampuan karang untuk tumbuh membangun rangka karang (Carpenter *et al.*, 2008) berpotensi mengurangi kemampuan ketahanan karang terhadap patogen dan potensi penginfeksi patogen.

Terjadi peningkatan nilai prevalensi *Band Diseases* pada periode Maret menuju periode Mei. Pada pengambilan bulan Maret diketahui bahwa terdapat rata-rata prevalensi yaitu pada kisaran 21,82% – 24,71%. Sedangkan pada pengambilan bulan Mei rata-rata prevalensi berada pada kisaran 25% - 35%. Dimana pada lokasi WD peningkatan laju prevelansinya sebesar 2, 89% sedangkan lokasi MR peningkatan laju prevalensinya sebesar 10%. Menurut hasil studi yang dilakukan oleh Ruiz-Moreno *et al.*, (2012) di perairan Utara kepulauan Hawaii, perairan Karibia dan *Great Barrier Reef*, Laju prevalensi untuk karang famili *Acroporidae* tidak sehat ataupun terkena penyakit mencapai 6,64%-10,57% per tahun, dimana laju untuk BBD mencapai 0,068% per tahun.

Pada studi, meskipun suhu perairan di lokasi Mercusuar lebih rendah, namun peningkatan nilai prevalensi di lokasi MR lebih tinggi dibandingkan lokasi WD. Hal ini diduga karena faktor banyaknya koloni karang bercabang di lokasi MR. Tutupan karang pada lokasi MR sebesar 81,47% dengan kategori sangat baik dan komposisi *Acropora Branching* (ACB) memiliki presentase sebesar 58,02%, sedang untuk lokasi WD persentase ACB sebesar 1,98%. Presentase tutupan karang yang lebih besar berhubungan erat dengan kepadatan inang sebagai vektor penyebaran penyakit karang. Menurut Bruno *et al.*, (2007) yang menyatakan bahwa tingginya

kepadatan inang dapat memiliki dampak pada dinamika penyakit. Hal ini berhubungan dengan laju transmisi secara horizontal sehingga meningkatkan laju prevalensi.

Dari hasil pengamatan penyakit karang di lokasi WD, diketahui bahwa dari 41 koloni *Acropora Branching* yang ditemukan, diketahui di periode bulan Maret terdapat 15 koloni yang terserang penyakit *Band Disease* dan pada pengamatan periode Mei didapati 17 koloni terinfeksi *Band Disease*. Sedangkan pada lokasi MR terdapat 112 koloni *Acropora Branching* dimana 28 koloni terinfeksi pada periode Maret dan 30 koloni terinfeksi pada periode Mei.

Adanya penambahan koloni yang terinfeksi mengindikasikan bahwa laju infeksi *Band Disease* cukup besar dalam rentang waktu dua bulan, dimana virulensi *Band Disease* persisten di lingkungan dan progres dalam memakan jaringan koloni karang (3 mm - 1 cm hari⁻¹) yang terus menerus hingga meninggalkan jejak pada jaringan karang berupa kerusakan jaringan karang (Boyett *et al.*, 2007). Tingkat kemampuan penyakit untuk menginfeksi karang bergantung beberapa faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, perbedaan suhu perairan dan nutrisi (Muller dan van Woesik., 2011) membuatnya dianggap sebagai sebuah ancaman untuk komunitas karang (Carlton *et al.*, 1995; Kuta *et al.*, 1996). Menurut Haapkylä *et al* (2010), karang bercabang lebih rentan terhadap penyakit karang daripada karang masif karena tipe karang bercabang mengalokasikan energi lebih untuk tumbuh dan bereproduksi dibandingkan karang masif yang mengalokasikan energinya untuk pemeliharaan koloni.

4.3 Jenis Penyakit *Band Diseases* yang Menyerang Karang

Terdapat 2 jenis penyakit *Band Disease* yang menyerang pada lokasi *Water Discharge* maupun Mercusuar dalam dua periode pengamatan yaitu *Black band Disease* dan *White Band Disease* dimana penyakit *Band Disease* didominasi oleh *Black Band Disease*. Penyakit *Black Band Disease* (BBD) merupakan penyakit yang menyerang terumbu karang diseluruh dunia (Green et al., 2000; Dinsdale, 2002). Karakteristiknya terdapat bagian berpigmen hitam gelap yang menyerupai sebuah pita yang meninggalkan kerusakan jaringan (Sutherland et al., 2004). Dan terdapat pemisahan antara jaringan yang sehat dan jaringan yang rusak, dimana rangkanya terlihat jelas (Raymundo et al., 2008).



Gambar 4.3 Karang *Acropora* yang Terinfeksi *Black Band Disease*. Keterangan gambar: (A: *Black Band Disease* pada karang bercabang (Raymundo et al., 2008). B: *Black Band Disease* di lokasi sampling (Dokumentasi pribadi)).

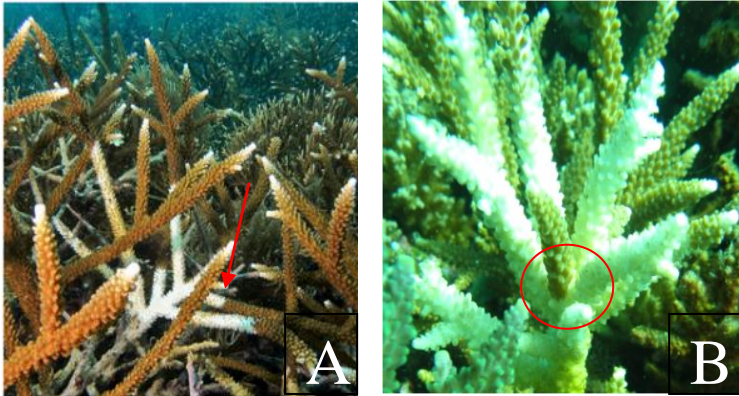
Penyakit BBD disebabkan oleh *Phormidium corallyticum* (Rützler and Santavy., 1983), *Oscillatoria* spp. (Richardson, 1992), *Trichodesmium* spp. (Frias-Lopez et al.,

2002; 2003; Cooney et al., 2002), *Cyanobacterium* (Schnell et al., 1996) *Desulfovibrio* spp. (Cooney et al., 2002), *Beggiatoa* spp. (Ducklow and Mitchell., 1979), *Heterotrophic bacteria* (Garrett and Ducklow., 1975), fungi laut (Ramos-Flores., 1983). Infeksi dari BBD biasanya dimulai pada permukaan bagian atas koloni karang dan membuat jalur berupa pigmentasi berwarna hitam (diameter 1 sampai 2 cm). Jalur berpigmentasi hitam tersebut dengan cepat membentuk lingkaran yang kemudian bermigrasi secara horisontal menyerang karang. Ketika pigmen hitam itu berjalan, hal ini membuat jaringan karang mati dan menyisakan kerangka karang saja (Carlton and Richardson, 1995).

Mekanisme dimana BBD menyerang jaringan karang terkait langsung dengan dinamika mikroba patogen di lingkungan, dimana patogen tersebut menghasilkan zonasi oksigenik dan sulfida di sekitar permukaan karang. *Cyanobacteria* yang dominan dalam penyusun BBD, menjadi penyangga dan keberadaannya dominan di dalam pita BBD. *Cyanobacteria* menghasilkan oksigen sepanjang hari dari proses fotosintesis, namun kadarnya berlebih menciptakan area yang penuh oksigen di $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{2}{3}$ pita BBD. *Cyanobacteria* mampu beradaptasi dengan lingkungan dengan kandungan sulfat tinggi pada BBD dari suasana oksigenik dari hasil fotosintesis (Richardson & Kuta, 2003). Dasar dari pita BBD yang bersifat kekurangan oksigen didominasi oleh *sulfate-reducing bacteria* yaitu *Desulfovibrio* spp. Pada permukaan pita BBD didominasi *Sulfide-oxidizing bacteria* yaitu *Beggiatoa* spp. Dan bermigrasi tegak lurus untuk merespon intensitas cahaya menuju daerah gelap (Viehman & Richardson, 2002). Aktivitas fotosintesis di dalam pita BBD Richardson *et al.*, 1997). Pada kondisi intensitas cahaya yang rendah (bayangan, gelap) pada bagian dasar dari pita BBD didominasi oleh *Cyanobacteria*, tetapi ketika intensitas cahaya meningkat *Beggiatoa* spp. akan bermigrasi ke

permukaan BBD (Viehman & Richardson, 2002). Dan ketika malam, ketika oksigen tidak diproduksi, *Desulfovibrio* spp. mereduksi sulfat dan menaikkan konsentrasi *sulfide* pada pita BBD (Richardson *et al.*, 1997). Kehadiran *sulfide* pada permukaan karang (berdekatan jaringan karang) yang menyebabkan jaringan mengalami *lysis* dan mati (Carlton and Richardson, 1995).

Menurut Indraswari dan Aunurohim, (2015) menjelaskan bahwa kelimpahan *Cyanobacteria* pada lokasi MR dan WD mendominasi dibandingkan jenis fitoplankton lainnya. Progres BBD dalam merusak karang bervariasi mulai dari 3 mm d⁻¹ sampai 1 cm d⁻¹ (Carlton and Richardson, 1995). Kelimpahan BBD dapat mencapai 0,77 col./m² (Johan *et al.*, 2015). Penyakit BBD menyebabkan peningkatan kerusakan tutupan karang dalam jumlah angka, frekuensi, distribusi karang berdasar letak geografisnya, dan inang dari penyakit karang (Richardson, 1997; Sutherland *et al.*, 2004). Menurut studi Ruiz-Moreno *et al.*, (2012), nilai prevalensi BBD memiliki rentang nilai dari 1,9% sampai 30% dalam kurun waktu satu tahun. BBD juga dapat mengakibatkan kerusakan mencapai 80% dari total tutupan karang suatu area (Gardner *et al.*, 2003). Menurut Richardson *et al.*, (1997) kasus BBD tidak pernah teramati pada karang dengan kedalaman kurang dari 1.5 m karena ketergantungan cyanobacteria pada cahaya matahari untuk fotosintesis. Kasus BBD juga tidak pernah teramati pada transek dengan kedalaman lebih dari 6.6 m (Rützler *et al.*, 1983).

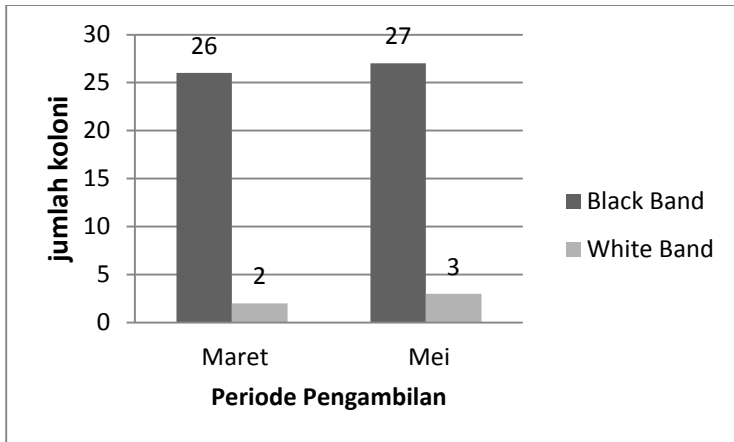


Gambar 4.4 Karang *Acropora* yang Terinfeksi *White Band Disease*. Keterangan gambar: (A: *White Band Disease* pada karang bercabang (Raymundo *et al.*, 2008). B: *White Band Disease* di lokasi sampling (Dokumentasi pribadi)).

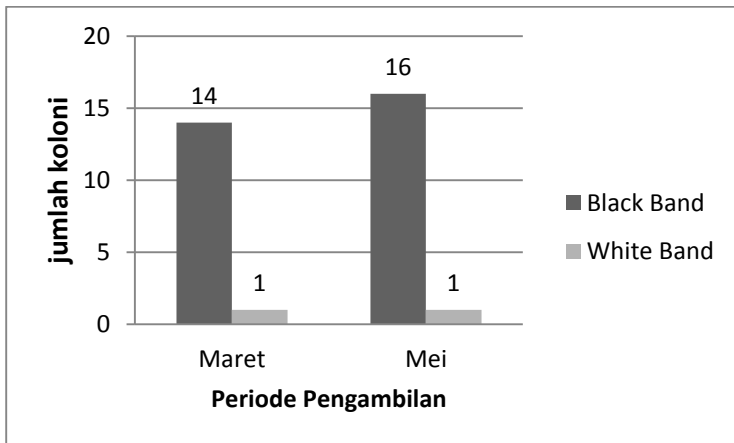
Penyakit *White Band Disease* (WBD) secara eksklusif hanya menyerang karang dengan *lifeform* (bentuk hidup) *Acropora Branching* (ACB) (Sutherland *et al.*, 2004). Karakteristiknya yaitu hilangnya jaringan simbiosis karang pada daerah yang terinfeksi. Jaringan yang terpapar infeksi penyakit ini akan mengalami pemutihan karang (*Bleaching*) (Raymundo *et al.*, 2004). Penyakit ini dicirikan oleh adanya *band* (lebar pita 2 sampai 20 cm) dan memakan jaringan karang hingga meninggalkan kerangka karang, dari bagian bawah menuju bagian ujung dari percabangan karang (Gladfelter, 1982). Penyakit WBD disebabkan oleh *Vibrio charcharia* yang merupakan jenis bakteri (Ritchie & Smith, 1995) dan *Rickettsiales* (Gignoux-Wolfsohn *et al.*, 2012) yang berasosiasi. Menurut Peters *et al.*, (1983) progres infeksi WBD dapat mencapai 2cm d⁻¹. Yang membedakan antara WBD dan *bleaching* adalah *bleaching* mengalami gejala hilangnya pigmentasi pada jaringan epidermis karang akibat

hilangnya alga simbiosis karang tersebut, juga akibat dari *thermal stress* menyebabkan karang memproduksi mukus dan amonia (Fujimura et al., 2008). Sedangkan WBD hilangnya pigmentasi diikuti oleh kerusakan jaringan epidermis karang (Gladfelter, 1982).

Richardson & Kuta (2003) menyebutkan bahwa faktor abiotik penyebab penyakit karang, baik BBD ataupun WBD disebabkan oleh kenaikan temperatur perairan. *Black Band Disease* mampu berasosiasi dengan suhu perairan yang tinggi (Bruckner et al., 1997). Dengan rata-rata suhu perairan 29°C, patogen penyebab BBD mampu berasosiasi. Biasanya kasus penyakit karang terjadi ketika musim panas berlangsung (Kuta & Richardson, 2001). Meningkatnya suhu perairan memainkan peran dalam proses infeksi penyakit karena tingginya temperatur perairan dapat menyebabkan *stress* fisiologis yang menurunkan imun karang atau *bleaching* sehingga akan memberikan keuntungan bagi patogen tertentu (Raymundo et al., 2003). Beberapa tekanan antropogenik yang berhubungan terkait dengan penyakit terumbu karang termasuk deforestasi dan erosi tanah. Angin atau transportasi debu menuju laut berpotensi mengakibatkan masuknya mikroba terestrial ke dalam lingkungan laut. Penyakit dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam tingkat reproduksi karang, struktur komunitas, keragaman spesies, dan kelimpahan organisme karang-terkait (Smith et al., 2006; Nagelkerken et al., 1997).



Gambar 4.5 Komposisi *Band Disease* lokasi Mercusuar



Gambar 4.6 Komposisi *Band Disease* lokasi *Water Discharge*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan prevalensi penyakit *Band Disease* yang dilakukan di PLTU Paiton dapat disimpulkan bahwa:

- A. Tidak terdapat perbedaan prevalensi *Band Diseases* antara lokasi MC dan DC meskipun dalam nilai rata-rata lokasi MC lebih besar daripada lokasi DC.
- B. Jenis *Band Diseases* yang teramati ada dua jenis penyakit, yaitu *Black Band Disease* (BBD) dan *White Band Disease* (WBD).

5.2 Saran

Saran yang perlu diberikan yaitu:

- 1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai mikroba penyebab penyakit sehingga dapat diperoleh informasi yang lebih mendalam tentang *Band Disease* di perairan PLTU Paiton.
- 2. Perlu dilakukan monitoring pada musim yang berbeda agar diketahui apakah musim juga turut mempengaruhi prevalensi *Band Disease*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Al Horani, F.A., S.M. Al-Moghrabi, and D. de Boer. The Mechanism of Calcification and its Relation to Photosynthesis and Respiration in the Scleractinian Coral *Galaxea Fascicularis*. **Marine Biology** 142: 419-426.
- Alker A., Smith G., and Kim K (2001) Characterization of *Aspergillus sydowii* (Thom et Church), a fungal pathogen of Caribbean seafan corals. **Hydrobiologia** 460:105–111.
- Bruckner, A.W. and R.J. Bruckner. 1997. The persistence of black-band disease in Jamaica: Impact on Community Structure. **Proc. Eighth Intern. Coral Reef Symp.** 1:601-606.
- Bruckner, A.W. 2001. Coral Health and mortality: Recognizing signs of coral diseases and predators. *In* : Humann and Deloach (eds), **FL: Florida Caribbean Bahamas New World Publications**, Inc : 240-271.
- Bruno, J.F., E.R. Selig, K.S. Casey, C.A. Page, B.L. Willis, C.D. Harvell, H. Sweatman, dan A.M. Melendy. 2007. Thermal Stress and Coral Cover as Drivers of Coral Diseases Outbreaks. **PLoS Biol** 5(6):e124.
- Boyett, H.V. 2006. The Ecology and Microbiology of Black Band Disease and Brown Band Syndrome on the Great Barrier Reef. **Thesis**. James Cook University. Townsville.
- Buddemeier, R.W. and Kinzie III, R.A. 1976. Coral growth . **Oceanography Marine Biology Annual review**. 14 : 183-225.

Burke, L., Reyntar, K., Spalding, M., dan Perry, A. 2012. **Menongok Kembali Terumbu Karang yang Terancam di Segitiga Terumbu karang**. World Resources Institute.

Carlton R.G., Richardson L.L. 1995. Oxygen and Sulfide Dynamic in a Horizontally Migrating Cyanobacterial Mat: Black Band Disease of Corals. **FEMS Microbial Ecol** 18: 155-162.

Carpenter K.E., Abrar M., Aeby G., and Aronson R.B. 2008. One-third of Reef-Building Corals Face Elevated Extinction Risk from Climate Change and Local Impacts. **Science** 321:560–563.

Chappel, J. 1980. Coral Morphologi, Diversity, and Reef Growth. **Nature** 286: 249-252.

Cooney. R.P., Pantos. O., Le Tissier M.D.A., Barer M.R., O'Donnell A.G., Bythell. J.C. 2002. Characterization of the bacterial consortium associated with black band disease in coral using molecular microbiological techniques. **Environ Microbiol** 47:401–413.

Dinsdale, E.A., 202. Abundance of black-band disease on corals from one location on the Great Barrier Reef: a comparison with abundance in the caribbean region. **Proc 9th Int Coral Reef Symp**, Bali 2:1239-1243.

Ducklow. H., Mitchell. R. 1979. Bacterial populations and adaptations in the mucus layers on living corals. **Limnol Oceanogr** 24:715–725.

Effendi, F. W., dan Aunurohim. 2013. Densitas Zooxanthellae dan Pertumbuhan Karang *Acropora Formosa* dan *Acropora nobilis* di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton Probolinggo, Jawa Timur. **Skripsi**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Efrini, A. R., dan F. K. Muzaki. 2015. Prevalensi White Syndrome pada Karang Masif di Perairan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton, Probolinggo. **Skripsi**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

English, S., C. Wilkinson and V. Baker. 1994. ***Survey Manual for Tropical Marine Resources***. Published on behalf of the ASEAN-Australia Marine Science. Townwile:367pp.

Fang, L.S., Wang, J.T., and Lin, K.L., 1998. The subcellular mechanism of the release of zooxanthellae during coral bleaching. **Proc. Natl. Sci. Council** 22, 150–158.

Frias-Lopez. J., Zenkle. A.L., Bonheyo. G. T., Fouke. B. W. 2002. Partitioning of bacterial communities between seawater and healthy black band diseased and dead coral surfaces. **Appl Environ Microbial** 68: 2214-2228.

Frias-Lopez. J., Bonheyo. G. T., Jin. Q., Fouke. B. W. 2003. Cyanobacteria associated with coral black band disease in Caribbean and Indo-Pacific reefs. **Appl Environ Microbial** 69:2409-2413.

Frias-Lopez. J., Klaus, J. S., and Fouke, B. W. 2006. Cytotoxic Activity of Black Band Diseases (BBD) Extracts Against the Symbiotic Dinoflagellate *Symbiodinium* Sp. **In**

Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium, Okinawa. 3: 785-788.

Fujimura H., Higuchi T., Shiroma K., Arakaki T., Hamdun A.M., Nakano Y., Oomori, T. 2008. Continuous-flow complete-mixing system for assessing the effects of environmental factors on colony-level coral metabolism. **J. Biochem. Biophys. Methods** 70, 865–872.

Galdfelter, W.B. 1991. Population Structure of *Acropora palmata* on the Windward Fore Reef, Buck Island National Monument, St Croix, U.S. Virgin Island; **U.S. Department of the Interior, National Park Service**: 172 pp.

Gardner. T.A., Cote. I.M., Gill. J.A., Grant. A., Watkinson. A.R. 2003. long-term regoin-wide declines in Caribbean Corals. **Science** 301: 958-960.

Garrett. P., Ducklow. H., 1975. Coral diseases in Bermuda. *Nature* 253:349–350.

Green, E and A.W. Bruckner. 2000. The Significance of Coral Disease Epizootiology for Coral Reef Conservation. ***Biological Conservation*** 96 : 347-361.

Guntur. 2011. **Ekologi Terumbu Karang pada Terumbu Buatan**. Ghalia, Malang.

Harriot V.J. & Fisk, D.A. 1988. Coral transplantation as reef management option. Australia: **Proc. 6th. Int. Coral Reef Symp.** 2: 375–378

Harvel,D., Smith, G., Azam, F., Jordan, E., Raymundo, L., Well, I.E., and Willis, B. 2004. **Coral Reef Targeted Research And Capacity Building Management**. Queensland: The University of Queensland.

Harvell D., Altizer S., Cattadori I.M., Harrington L., Weil E .2009. Climate change and wildlife diseases: When does the host matter the most? **Ecology** 90:912–920.

Huboyo, H.S dan B. Zaman. 2007. Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU-PLTGU Tambak Lorok Semarang). **Jurnal Presipitasi** Vol. 3 No.2 ISSN 1907-187X.

Hughes, T.P., A.H., Bellwood, D.R., Card, M.S., Connolly, R., Folke, C., Grosberg, R, O., Jackson, J.B.C., Kleypas, J., Lough, J.M., Marshall, P., Nystrom, M., Palumbi, S.r., Pandolfi, J.M., Rosen, B., and Roughgarden, J. 2003. Climate Change, Human, Impact, and The Reliance of Coral Reefs. **Science** 301: 929-933.

Indraswari, B., Aunurohim. 2015.Struktur Komunitas Fitoplankton Terdampak Air Bahang PLTU Paiton Probolinggo, Jatim. **Skripsi**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Ismayati, Q., M. Helmi, dan B. Rochaddi. 2013. Kajian Spasial Suhu Permukaan Laut Akibat Air Bahang PLTU Paiton Menggunakan Saluran Thermal Satelit Landsat 7/ETM+ di Pantai Bhinor Kabupaten Probolinggo Jawa

Timur. **Jurnal Oseanografi** Volume 2, Nomor 1, Tahun 2013. Hal. 49-56.

Juwana. S., dan Romimohtarto, K. 2001. **Biologi Laut**. Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut. Penerbit Djambatan. Jakarta.

Johan. Ofri., D.G. Bengen., N. P. Zamami., Suharsono., M.J. Sweet.2015. The Distribution and Abundance of Black Band Disease and White Syndrome in Kepulauan Seribu, Indonesia. **Hayati Journal of Biosciences** 22:105-112.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2001 Tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut.

Kleypas, J.A., R. W. B Buddemeier., D. Archer., J. Gattuso., C. Langdon., and B.N. Opdyke .1999. Geochemical consequences of increased atmospheric carbondioxide on coral reefs. **Science** 284:118–120.

Kuta .K.G and Richardson L.L. 2001. Ecological aspects of black band disease of coral: relationships between disease incidence and environmental factors. **Coral Reefs** 21: 393-398.

Levinton, J. S. 1982. **Marine Ecology**. Prentice Hall, Inc, New York.

Miller, A.W., Blackwelder, P., Al-Sayegh, H., and Richardson, L.L., 2011. Fine-structural analysis of black band disease-infected coral reveals boring cyanobacteria and novel bacteria. **Dis. Aquat. Organ.** 93, 179–190.

Miller, A.W. 1995. Growth of a temperate coral: effect of temperature, light, depth, and heterotrophy. **Marine Ecology Progress Series.** 217-225.

Miller, A.W., and Richardson, L.L., 2011. A meta-analysis of 16S rRNA gene clone libraries from the polymicrobial black band disease of corals. *FEMS Microbiol. Ecol.* 75,231–241.

Muller, E.M., and van Woesik, R., 2011. Black-band disease dynamics: prevalence, incidence, and acclimatization to light. **Exp. Mar. Biol. Ecol.** 397, 52–57.

Nontji, A. 1999. Coral Reefs of Indonesia: past, present and Future. **Prociding lok. Pengelolaan & Iptek Terumbu Karang Indonesia Jakarta: 22-23 Nopember 1999: 17-29.**

Nybakken, J. W., 1997. **Marine Biology.** New York: Harper Collins Colege Publichess.

Palmer, C.V., E.S. McGinthy, D.J Cummings, S.M. Smith, E. Bartels, dan L.D Mydlarz. 2011. Patterns of Coral Ecological Immunology: Variation in The Responses of Carribean Corals to Elevated Temperature and a Pathogen Elicitor. **Journal of Experimental Biology** 214, 4240-4249.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 08 Tahun 2009 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal

Peters E.C., Yevich P.P., Oprandy J.J. 1983. Possible causal agent of 'white band disease' in Caribbean acroporid corals. **J Invertebr Pathol** 41:394–396.

PT. PJB UP Paiton 1&2. 2014. **Laporan pemantauan Kondisi Terumbu dan Ikan Karang Perairan Sekitar PLTU Paiton (PT. PJB UP Paiton 1-2)**. Gresik.

Purnomo, W.P., Soedharma, D., Zamani, N.V., dan Sanusi, H.S. 2010. Model Kehidupan Zooxanthellae dan Penumbuhan Massalnya pada Media Binaan. **Jurnal Saintek Perikanan** Vol.6 1:46-54.

Ramos-Flores. T. 1983. Lower marine fungus associated with black line disease in star corals (*Montastraea annularis* E & S). **Biol Bull** 165:429–435.

Raymundo, L.J., Couch, C.S and Harvell, C.D. 2008. **Coral Disease Handbook: Guidelines for Assesment, Monitoring and Management**. The University of Queensland, Australia.

Raymundo, L.J., 2010. **Coral disease: an emerging threat to the world remaining reefs**. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Program, St. Lucia

Richardson, L.L. 1992. Red Band Disease: a new cyanobacterial infestation of corals. **Proc. 10th ann. Amer. Acad. Underw. Sci**: 153-160.

Richardson, L.L. 1997. Occurrence of the Black Band Disease *Cyanobacterium* on Healthy Corals of the Florida Keys. **Bulletin of Marine Science**, 61(2): 485-490.

Richardson, L.L., 2004. Black band disease. In: Rosenberg, E., Loya, Y. (Eds.), *Coral Health and Disease*. **Springer**, Berlin, pp. 325–336.

Richardson, L.L. 1998. Coral diseases: What is really Known? **Trends in Ecology and Evolution** 13 : 438-443.

Richardson, L.L., K.G Kuta, S, Schnell and R. G Carlton. 1997. Ecology of the black band disease microbial consortium. **Proc. 8th Intl. Coral Reef Symp.** 1 :597-600.

Ritchie. K.B., Smith. G.W. 1995. Carbon-source utilization patterns of coral associated marine heterotrophs. **J Mar Biol Biotechnol** 3:105–107.

Ritchie, K.B. 2006. Regulation of Microbial Populations by Coral Surface Mucus and Mucus-associated Bacteria. **Marine Ecology Progress Series** 322: 1-14.

Rützler, K., and Santavy, D. 1983. The black band disease of Atlantic reef corals. I. Description of a cyanophyte pathogen. P.S.Z.N.I.: **Marine Ecology**. 4:301-319.

Rützler, K., Santavy, D., and Antonius, A., 1983. The black band disease of Atlantic reef corals III: distribution, ecology, and development. **Mar. Ecol.** 4 (44), 329–358.

Rosenberg, E., Koren, O., Reshel, L., Efrony, R., and Rosenberg, I.Z. 2007. The Role of Microorganism in Coral Health, Disease and Evolution. **Nature Publishing Group**, Israel.

Santavy, D.L. and E.C. Peters. 1997. Microbial pests: Coral Disease research in the western Atlantic. **Proc. 8th Int. Coral Reff Sym**, 1:607-612.

Santavy, D.L 2005. **The Condition of Coral Reefs in South Florida (2000) Using Coral Disease and Bleaching as Indicators**. Florida, Amerika Serikat.

Saptarini, D., and F.K. Muzaki. 2010. Study on coral Lifeforms and Species that Susceptible to bleaching in PLTU Paiton Water. **Proceeding of JIWECC 2010**. Surabaya, 8th-10th August.

Schnell. S., Assmus. B., Richardson. L.L. 1996. Role of sulfate-reducing bacteria in the black band disease of corals. Annual Meeting of the VAAM (Vereinigung fuer Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie) and GBCH (Gesellschaft fuer Biologische Chemie). **Biospektrum**, p 116.

Smith, J.E. 2006. Indirect Effects of Algae on Coral: Algae-Mediated, Microbe Induce Coral Mortality. **Ecology Letters** 9: 835-845.

Suharsono. 1996. **Jenis-Jenis Karang yang Umum di Jumpai di Indonesia**. LIPI-P₃O Proyek Penelitian dan Pengembangan Daerah, Jakarta.

Suharsono. 2010. **Buku Petunjuk Bagi Pengajar Pelatihan Metodologi Penilaian Terumbu Karang**. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Supriharyono, 2000. **Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang**. Djambatan. Jakarta

Sutherland, K.P., Porter, J.W., and Torres, Cecilia. 2004. **Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific *Zooxanthella* corals**. University of Georgia: Georgia.

Thamrin. 2006. **Karang: Biologi Reproduksi dan Ekologi**. Minamandiri Press. Riau.

Toda, T., Okashita, T., Maekawa, T., Kee Alfin, B.A.A., Kushairi, M.R.M., Nakajima, R., Chen, W., Takahashi, K.T., Othman, B.H.R. and Terazaki, M. 2007. Community structures of coral reefs around Peninsular Malaysia. **Journal of Oceanography** 63: 113-123.

Tuhumena, J.R., J.D. Kusen, dan C.P. Paruntu. 2013. Struktur Komunitas Karang dan Biota Asosiasi Pada Kawasan Terumbu Karang di Perairan Desa Minanga Kecamatan Malalayang II dan Desa Mokupa Kecamatan Tombariri. **Jurnal Pesisir dan Laut Tropis** Volume 3 nomer 1.

Van der Merwe, R., T. Röthig, C.R. Voolstra, M.A. Ochsenkühn, S. Lattemann, dan G.I Amy. 2014. High Salinity Tolerance of the Red Sea Coral *Fungia granulosa* Under Desalination Concentrate Discharge Conditions: An In Situ Photophysiology Experiment. **Frontiers in Marine Science**. 1:58.

Veron J E N. 1995. **Corals in Space and Time: Biogeography and Evolution of the Scleractinia**. UNSW Press. Sydney. Australia

Veron, J.E.N. 2000. **Coral of the World**. Australian Institute of Marine Science, PMB 3, Townsville MC, Qld 4810 Australia. Vol 1: 463.

Viehman, T.S, and Richardson, L.L. 2002. Motility Patterns of Beggiatoa and *Phormidium corallyticum* in Black Band Disease. In **Prosiding 9th Int. Coral Reef Symp**, Bali 2:1251-1255.

Voss, J.D., Mills, D.K., Myers, J.L., Remily, E.R., and Richardson, L.L., 2007. Black band disease microbial community variation on corals in three regions of the wider Caribbean. **Microbiol. Ecol.** **54**, 730–739.

Ward, J.R.,K. Kim, dan C.D. Harvell. 2007. Temperature Affects Coral Disease Resistance and Pathogen Growth. **Marine Ecology Progress Series**. Vol.329: 115-121.

Wallace, C.C. and Willis, B.L. 1994. Systematics of the coral genus *Acropora*: Implications of new biological findings for species concept. **Annual Review of Ecology and Systematics** 25: 237-262.

Wijgerde, T., Diantari, R., Lewaru, MW., Verreth, J., and Osinga, R. 2011. Extracoelenteric zooplankton feeding is a key mechanism of nutrient acquisition for the scleractinian coral *Galaxea fascicularis*. **Journal of experimental Biology** 214 (20):3351-3357.

Wobeser, G.A.1981. **Diseases of Wild Waterflow**. Plenum Press, New York

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Probolinggo, 27 Juni 1993. Penulis adalah anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis memulai pendidikan formal dasar di SDN Sukokerto I Probolinggo, kemudian melanjutkan pendidikannya di SMPN 12 Surabaya. Semasa SMP penulis mulai tertarik dengan dunia sains terutama yang berhubungan dengan alam. Setelah lulus SMP penulis melanjutkan pendidikannya di SMAN 10 Surabaya.

Setelah lulus SMA, laki – laki yang gemar gaming dan *touring* ini, sempat memutuskan untuk melanjutkan di bidang kedokteran, tetapi karena berbagai faktor, penulis mengurungkan niat dan melanjutkan pendidikan di Jurusan Biologi FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur SNMPTN tulis pada tahun 2011. Semasa kuliah penulis berkontribusi di Himpunan Mahasiswa Biologi ITS sebagai anggota staff divisi kaderisasi Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa dan seorang SC (*Streering Comitee*), juga aktif berkontribusi dalam berlangsungnya BOF V dan VII sebagai tim keamanan, perijinan dan akomodasi, serta berkontribusi dalam pembuatan BIOGONAL sebagai tim penulis. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan seperti ESQ, LKMM pra TD, AMT, dan pelatihan surveyor Ekologi V (SUTRA). Semasa kuliah pula ketertarikan nya pada bidang lingkungan dan kelautan semakin besar dengan tergabungnya dalam tim surveyor Ekologi ITS pada tahun 2012. Kegemarannya pada bidang laut membawanya untuk mengikuti pelatihan penyelam dan kerja Praktek di P2O LIPI Ancol untuk belajar mengenai penyakit karang.